PHYWE
excellence in science

Gefahr durch elektrischen Strom, Demonstrationsmodell

17599-93

PHYWE Systeme GmbH & Co. KG
Robert-Bosch-Breite 10
D-37079 Göttingen

Telefon +49 (0) 551 604-0
Fax +49 (0) 551 604-107
E-mail info@phywe.de

Betriebsanleitung

CE Das Gerät entspricht den zutreffenden EG-Rahmenrichtlinien

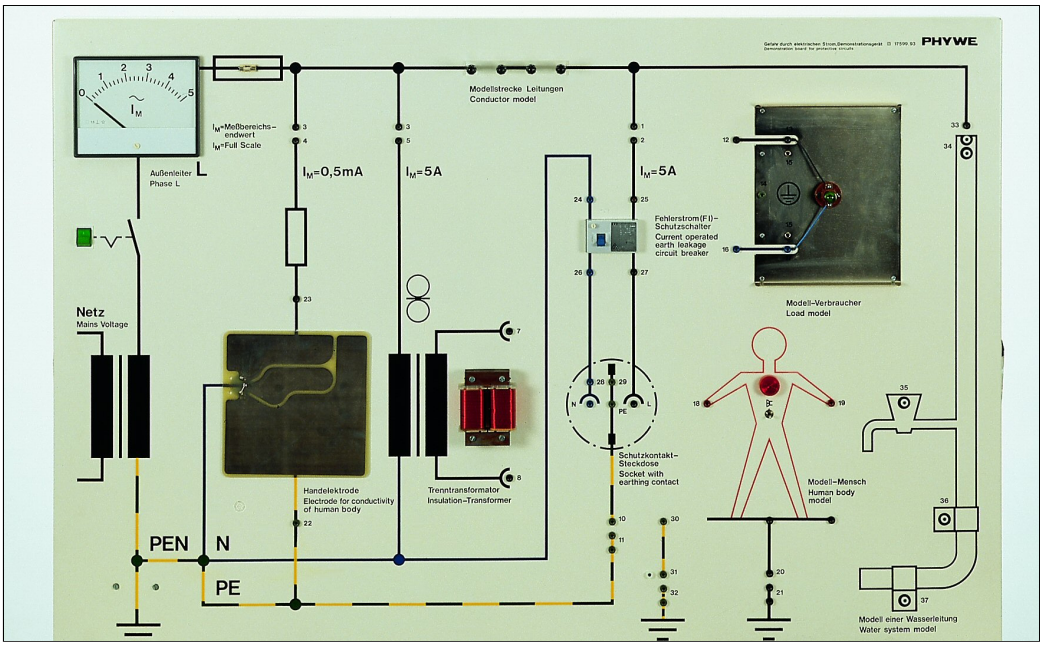

Abb. 1: 17555-93, Gefahr durch elektrischen Strom, Lerngerät.

INHALTSVERZEICHNIS

1 SICHERHEITSHINWEISE

2 ZWECK UND EIGENSCHAFTEN

3 BEGRIFFE

4 FUNKTIONS- UND BEDIENELEMENTE

5 BETRIEBSHINWEISE

6 HINWEISE FÜR DIE ERSTE INBETRIEBNAHME

7 ANLEITUNGEN FÜR DEN BETRIEB

8 STÖRUNGSHINWEISE

9 INSTANDHALTUNG

10 FEHLERBEHEBUNG

11 TECHNISCHE DATEN

12 LIEFERUMFANG

13 GARANTIEHINWEIS

14 ENTSORGUNG

1 SICHERHEITSHINWEISE

Vor Inbetriebnahme des Gerätes ist die Betriebsanleitung sorgfältig und vollständig zu lesen. Sie schützen sich und vermeiden Schäden an Ihrem Gerät.

Verwenden Sie das Gerät nur für den vorgesehenen Zweck.

Das Gerät ist nur zum Betrieb in trockenen Räumen, die kein Explosionsrisiko aufweisen, vorgesehen.

Achten Sie darauf, dass die auf dem Typenschild des Netzteils angegebene Netzspannung mit der ihres Stromnetzes übereinstimmt.

Verwenden Sie die Versuchsanordnung nur für den dafür vorgesehenen Zweck.

Die Versuchsanordnung nicht öffnen.

Keine anderen Geräte als die vorgesehenen an das Gerät anschließen.

2 ZWECK UND EIGENSCHAFTEN

Das Demonstrationsgerät "Gefahr durch elektrischen Strom", Bestellnummer 17599.93, ist ein instruktives und kompakt aufgebautes Gerät mit umfangreichem Zubehör, das zur Wissensvermittlung der Gefahren durch elektrische Energie und zum Erlernen gebräuchlicher Schutzmaßnahmen dient.

Das Gerät ist so konzipiert, dass auch ohne besondere Vorkenntnisse und Vorsichtsmaßnahmen Grunderfahrungen der elektrischen Sicherheitstechnik erworben werden können. Die dargebotenen Schutzmaßnahmen entsprechen VDE 0100 "Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V". Im einzelnen

www.phywe.com, © All rights reserved

können folgende Versuchsschaltungen aufgebaut werden:

- Elektrische Leitfähigkeit des menschlichen Körpers (Finger-Hand-Durchströmung)
- Gefahr bei direktem Berühren
- Gefahr bei indirektem Berühren
- Demonstration der Begriffe Körperschluss, Fehlerstrom, Fehlerspannung und Berührungsspannung
- Schutzisolierung und Standortisolierung
- Schutzerdung
- Nullung
- Fehlerstrom (FI)-Schutzschaltung
- Potentialausgleich
- Schutztrennung
- Bemessung von Leitungen und Schutz gegen zu hohe Erwärmung (Brandgefahr)

Das Arbeiten mit dem Demonstrationsgerät ist ungefährlich. Alle Versuche werden mit Spannungen unter 15 V (Schutzkleinspannung im Sinne von VDE) betrieben, die aus einem speziellen Sicherheitstransformator (VDE-geprüft) erzeugt werden. Dadurch und aufgrund der vollständigen Kapselung berührungsgefährlicher Teile mit zusätzlicher Isolierung (Schutzisolierung) ist ein gefahrloses Experimentieren möglich. Das Gerät darf dementsprechend auch von "elektrotechnischen Laien" ohne fachmännische Aufsicht betrieben werden.

Um den Stromfluss durch den menschlichen Körper experimentell zu erarbeiten, wird über eine Handelektrode die Stromstärke beim Überbrücken spannungsführender Leiter durch aufgelegte Finger oder die ganze Hand gemessen. Die Ströme liegen dabei je nach Stromweg und Hautfeuchtigkeit im Bereich 0,05 bis 0,5 mA. Diese Werte liegen unterhalb der Wahrnehmbarkeitsschwelle von 0,7 mA und weit unter der sogenannten Loslassschwelle (Strom, bei dem ein Loslassen spannungsführender Teile jederzeit noch möglich ist), die nach den Ergebnissen der Unfallforschung mit 10 mA angegeben wird.

Damit ist eine Sicherheit gegen die elektrophysiologische Beeinflussung von Körperfunktionen wirksam. Muskelkontraktionen und Herzkammerflimmern als Symptome elektrischer Unfälle sind bei den Versuchen ausgeschlossen.

Das Demonstrationsgerät ist als Standgerät auf dem Experimentiertisch zu benutzen.

Hinweis: Für den Übungsbetrieb in Schülerversuchen empfiehlt sich das Lerngerät "Gefahr durch elektrischen Strom", Bestellnummer 17555.93, das nach dem gleichen Konzept wie das beschriebene Demonstrationsgerät aufgebaut und gestaltet ist.

3 BEGRIFFE

3.1 **Betriebsmittel** im Sinne der VDE-Bestimmungen sind alle Gegenstände, die als Ganzes oder in einzelnen Teilen dem Anwenden elektrischer Energie dienen. Hierzu gehören z.B. Gegenstände zum Erzeugen, Fortleiten, Verteilen, Messen und Verbrauchen elektrischer Energie.

3.2 **Außenleiter** sind Leiter in Leitungsnetzen, die Stromquellen mit Verbrauchsmitteln verbinden und in keinem Fall geerdet sind. Sie werden mit dem Buchstaben L und schwarzer Farbgebung gekennzeichnet.

3.3 **Mittelleiter** sind Leiter in Leitungsnetzen, die Stromquellen mit Verbrauchsmitteln verbinden und im Regelfall in der Trafostation geerdet sind. Sie werden mit dem Buchstaben N und blauer Farbgebung gekennzeichnet.

3.4 **Schutzleiter** sind Leiter, welche die Körper von elektrischen Betriebsmitteln mit Erdpotential verbinden und über die im Falle eines Körperschlusses (Isolationsfehler, vgl. 3.6) der Fehlerstrom abfließt. Sie werden mit den Buchstaben PE und grüngelber Farbmarkierung gekennzeichnet.

3.5 **Körper** sind im Sinne der VDE-Bestimmungen berührbare leitfähige Teile von Betriebsmitteln, die nicht zu Stromkreisen gehören, aber im Fehlerfall unter Spannung stehen können.

3.6 **Körperschluss** ist eine durch einen Fehler entstandene leitfähige Verbindung zwischen Körper und Teilen des Stromkreises (aktiven Teilen) elektrischer Betriebsmittel.

3.7 **Fehlerstrom** ist der Strom, der in Folge eines Isolationsfehlers oder eines Körperschlusses zum Fließen kommt.

3.8 **Fehlerspannung** (U_F) ist die Spannung, die im Fehlerfall zwischen Körpern oder zwischen diesen und der Bezugserde auftritt.

3.9 **Berührungsspannung** (U_B) ist ein Teil der Fehlerspannung, der vom Menschen überbrückt werden kann.

3.10 **Schleifenwiderstand** ist die Summe der Widerstände in einer Stromschleife des Leitungsnetzes, bestehend aus den Widerständen der Stromquelle, des Außenleiters und des Schutzleiters bzw. Erders.

3.11 **Fremde leitfähige Teile** sind leitfähige Teile, die nicht Teil einer elektrischen Anlage sind, aber ein Potential einschließlich des Erdpotential übertragen können. Solche Teile sind z.B. Rohrleitungsnetze, Gebäudekonstruktionsteile, Badewannen usw.

4 FUNKTIONS- UND BEDIENELEMENTE

Das Demonstrationsgerät "Gefahr durch elektrischen Strom" ist in ein allseitig geschlossenes Metall-Gehäuse eingebaut. Die Frontplatte enthält alle erforderlichen Bedienteile und Anschlüsse für die aufzubauenden Versuchsschaltungen. Die Funktionselemente sind jeweils durch Schaltzeichen gekennzeichnet und ihre internen Verbindungen durch Stromwegemarkierungen dargestellt.

Das Gerät enthält im einzelnen nachfolgend beschriebene Funktionselemente (vgl. die Bezifferung in Abb. 2). Die auf der Frontplatte aufgedruckten Bezeichnungen sind im Text durch Anführungszeichen markiert.

1 Anschlussleitung

Zum Anschluss des Demonstrationsgerätes an das Leitungsnetz 230 V~, zweiadrige Mantelleitung (Länge 1500 mm) mit Netzstecker.

2 Netztransformator

Schutzisolierter und unbedingt kurzschlussfester Sicherheitstransformator zur Erzeugung der Betriebsspannung für die Versuchs-Schaltungen; ein Pol der Sekundärwicklung bildet den Außenleiter L, der andere Pol den Neutralleiter (Mittelleiter) mit Schutzfunktion N + PE = PEN im Netzmodell.

3 Netzschalter

Zweipoliger Wippenschalter zum Einschalten der Betriebsspannung. Im eingeschalteten Zustand, d.h. Schalter in Stellung "I", leuchtet die eingebaute Meldeleuchte.

www.phywe.com, © All rights reserved

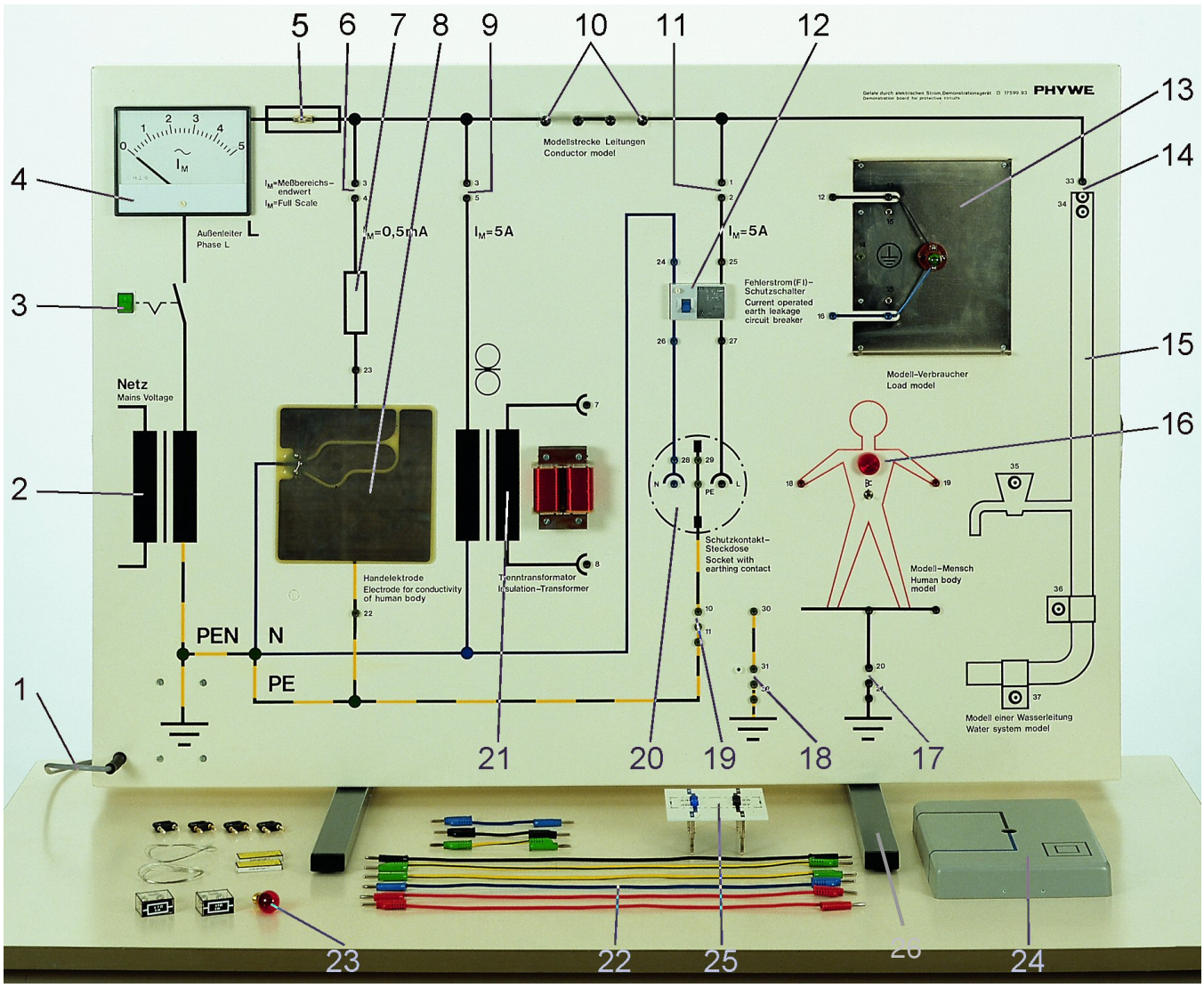

Abb. 2: Bedienteile und Anschlüsse.

4 Messinstrument

Strommesser mit automatischer Messbereichumschaltung, Messbereich 0,5 mA für Elektrodenströme oder Messbereich 5 A für Netzmodelle. Die Skale ist linear in Werte von 0 bis 5 geteilt, der Messwert ist der angezeigte Wert, bezogen auf den jeweiligen Messbereich.

Anmerkung:

Bei gleichzeitiger Schaltung der Betriebsarten Handelektrode (Verbindung des Buchsenpaares „3 - 4“) und Netzmodelle (Verbindung des Buchsenpaares "1 - 2" oder "3 - 5") zeigt das Messinstrument falsche Werte!

5 Schmelzsicherung

Sicherungshalter für G-Schmelzeinsätze (5 mm x 20 mm) als Überstromschutzorgan gegen Leitungsüberlastungen sowie als Abschaltorgan für die Schaltungen "Schutzerdung" und "Nullung".

6 Buchsenpaar "3 - 4"

Zum Anschluss der Handelektrode (8) an den Außenleiter "L" mittels Kurzschlussstecker. Diese Verbindung soll nicht gesteckt werden, wenn das Buchsenpaar "1 - 2" oder das Buchsenpaar "3 - 5" geschaltet ist.

7 Schutzwiderstand

Spannungsfester Schichtwiderstand zur Begrenzung der Elektrodenströme auf ungefährliche, nicht wahrnehmbare Werte.

8 Handelektrode

Plattenelektrode mit ergonomisch geformten Elektrodenflächen der drei Leiter "L", "N" und "PE" eines Netzmodelles zum wahlweisen Auflegen einzelner Finger, des Handballens oder der ganzen Hand.

9 Buchsenpaar "3 - 5"

Zum Anschluss des Trenntransformators (21) an den Außenleiter "L" mittels Kurzschlussstecker. Diese Verbindung soll nicht gesteckt werden, wenn das Buchsenpaar "1 - 2" oder das Buchsenpaar "3 - 4" geschaltet ist.

10 Modellstrecke Leitungsquerschnitte

Vier Messklemmen im Abstand von 2 x 40 mm zum Einspannen von zwei Leitern kleiner als 0,6 mm Durchmesser unterschiedlicher Leitfähigkeit in den Außenleiter. Die Leiter von jeweils ca. 60 mm Länge werden mit den Schraubköpfen der Messklemmen festgeklemmt.

11 Buchsenpaar "1 - 2"

Zum Anschluss der Funktionselemente Fehlerstrom-Schutzschalter (12) und Steckdose (20) an den Außenleiter "L" mittels Kurzschlussstecker. Diese Verbindung soll nicht gesteckt werden, wenn das Buchsenpaar "3 - 4" oder das Buchsenpaar "3 - 5" geschaltet ist.

12 Fehlerstrom (FI)-Schutzschalter

Schutzorgan, das bei einem Fehlerstrom > 30 mA zwischen Außenleiter "L" und Schutzleiter "PE" oder Außenleiter und Erde die den Betriebsstrom führenden Leiter innerhalb 0,2 Sekunden abschaltet. Die manuelle EIN- und AUS-Schaltung erfolgt durch einen kippbaren Schaltknebel. Mit der Prüftaste T wird ein Fehlerstrom simuliert und das Auslösen des Schutzschalters geprüft.

www.phywe.com, © All rights reserved

Die Anschlüsse des FI-Schutzschalters sind an die vier Buchsen "24 - 27" geführt, in die je nach Bedarf die Symbolplatte Abzweigdose (25) eingesteckt wird.

13 Leuchte

Modell einer Leuchte, die wahlweise schutzgeerdet (Schutzklasse I) oder schutzisoliert (Schutzklasse II) betrieben werden kann. Die Leuchte enthält eine Lampenfassung E 14, Die Buchsen "12" (schwarz) und "16" (blau) dienen zum Anschluss an die Betriebsspannung; über die Buchsenpaare "13 - 15" oder "15 - 17" kann mit einem Kurzschlussstecker jeweils ein Körperschluss (Isolationsfehler) hergestellt werden.

Schutzgeerdete Leuchte:

Der metallene Leuchtenkörper wird über die Buchse "14" (grüngelb) mit dem Schutzleiter verbunden (Schutzkontakt der Steckdose).

Schutzisolierte Leuchte:

Die Leuchte kann durch Aufstecken einer Kunststoffabdeckung (24) auf den metallenen Leuchtenkörper in eine schutzisolierte Leuchte geändert werden.

14 Buchsenpaar "33 - 34"

Zur Simulation eines Isolationsfehlers zwischen fremden leitfähigen Teilen (z.B. Wasserrohrnetz) und dem Außenleiter "L".

15 Wasserverbrauchsleitung

Modell einer leitfähigen Rohrleitung zur Demonstration der Übertragung elektrischer Potentiale.

16 Modell-Mensch

Indikator zur qualitativen Anzeige von sogenannten "berührungsgefährlichen Zuständen". Die rote Warnleuchte leuchtet bei gleichzeitigem Ertönen eines Summtones pulsierend auf, wenn der Mensch mit beiden Händen (Buchsen "18" und "19") oder mit einer Hand {Buchse "18" oder "19"} und dem Fuß (Buchse "20") eine berührungsgefährliche Spannung überbrückt, Ansprechschwelle ca. 8 V. Der Summton ist mittels Kippschalter abschaltbar.

17 Buchsenpaar "20 - 21"

Dieses Buchsenpaar dient zur Simulation des Standortübergangswiderstandes für den Modell-Menschen und ermöglicht folgende Betriebsarten:

Buchsenpaar offen:

isolierter Standort, erdfrei (Schutzmaßnahme "Standortisolierung")

Buchsenpaar mittels Kurzschlussstecker verbunden:

geerdeter Standort

Buchsenpaar mittels Steck-Widerstand überbrückt:

leitfähiger Fußbodenbelag.

18 Buchsengruppe "30 - 31 - 32"

Diese Buchsengruppe dient zum Erden von Körpern (siehe Abs. 3.5) für die Schutzmaßnahmen Schutzerdung und Fehlerstrom-Schutzschaltung. Durch Verwendung von Kurzschlussstecker oder Steck-Widerständen können unterschiedliche Erdungswiderstände simuliert werden.

19 Buchsenpaar "10 - 11"

Das Buchsenpaar dient zum Anschluss des Steckdosen-Schutzkontaktes an den Schutzleiter "PE", Durch Verwendung von Kurzschlussstecker oder Steck-Widerständen ist die Simulation unterschiedlicher Schutzleiterwiderstände und dementsprechend unterschiedlicher Schleifenwiderstände im Netzmodell möglich.

20 Steckdose

Modell einer Schutzkontakt-Steckdose mit drei farbigen Buchsen, schwarz für den Außenleiter "L", blau für den Mittelleiter "N" und grüngelb für den Schutzleiter "PE".

21 Trenntransformator

Modell eines Trenntransformators nach VDE 0550 zum Aufbau der Schaltung "Schutztrennung"; Primär- und Sekundärwicklung auf getrennten Spulenkörpern, Übersetzung 1:1, Nennleistung 7,5 VA, Ausgangsspannung an schwarzem Buchsenpaar, "7 - 8".

22 Verbindungsmaterial

Kurzschlussstecker, Verbindungsleitungen in den Kennfarben schwarz, blau, grüngelb und rot sowie Steckwiderstände 4,7 Ohm und 47 Ohm zum Verbinden der Anschlussbuchsen. Die Kurzschlussstecker und Steck-Widerstände haben jeweils einen Stiftabstand von 19 mm, der Stiftdurchmesser beträgt 4 mm.

23 Glühlampen

Grüne Glühlampe zur Darstellung des Normalbetriebes und rote Glühlampe zur Simulation von Überlastungen.

24 Schutzisolation für Leuchte

Kunststoffabdeckung zum Aufstecken auf den metallenen Leuchtenkörper. Die Leuchte (13) kann damit schutzisoliert ausgeführt werden. Der Schutzleiteranschluss des Leuchtenkörpers wird abgedeckt, auf der Frontseite ist das Kennzeichen für schutzisolierte Geräte angegeben.

25 Symbolplatte Abzweigdose

Steckbare Platte mit zwei Buchsenpaaren zum Überbrücken des FI-Schutzschalters, insbesondere für die Schaltung Nullung, Schutzerdung, Schutztrennung, Schutzisolierung und Brandgefahren. Die Leitungen sind auf der Symbolplatte lagerichtig aufgedruckt.

26 Aufstellleisten

Zum Aufstellen des Gerätes sind die beiden unteren Aufstellleisten um ca. 90° seitlich herauszuklappen.

5 BETRIEBSHINWEISE

Das Gerät erfüllt die technischen Anforderungen, die in den aktuellen Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft zusammengefasst sind. Die Produkteigenschaften berechtigen zur CE-Kennzeichnung.

Der Betrieb dieses Gerätes ist vorgesehen für Forschungs-, Lehr- und Ausbildungsstätten (Schulen, Universitäten, Instituten und Laboratorien).

Durch elektrostatische Aufladungen oder ähnliche elektromagnetische Phänomene (HF, Burst, indirekte Blitzentladungen, usw.) kann das eingebaute Instrument im Anzeigewert beeinflusst werden.

Sendefunkeinrichtungen z.B. Mobiltelefone sollten nicht in unmittelbarer Nachbarschaft betrieben werden.

6 HINWEISE FÜR DIE ERSTE INBETRIEBNAHME

Beim Auspacken überzeuge man sich zunächst von der Vollständigkeit des mitgelieferten Zubehörs anhand der Materialliste nach Abschnitt 9. Bei fehlenden Teilen empfiehlt sich eine Nachsichtung der Verpackung.

Zur ersten Inbetriebnahme und zum Vertrautmachen mit den Gerätefunktionen sollten folgende Handhabungen durchgeführt werden:

www.phywe.com, © All rights reserved

6.1 Einsetzen einer Schmelzsicherung

In die beiden Klammern des Sicherungshalters (5) wird ein Schmelzeinsatz M 0,63 A eingeschnappt.

6.2 Einsetzen der Leitungen in die Modellstrecke

Von den Rollen Konstantandraht ø 0,4 mm und Heizleiterdraht ø 0,25 mm werden jeweils ein Abschnitt von 60... 80 mm Länge abgeschnitten. Die Schraubköpfe der vier Messklemmen (10) sind bis zur Freigabe der Befestigungslöcher zu lösen. In die linken Messklemmen wird der Heizleiterdraht eingefädelt und in die rechten der Konstantandraht. Die Schraubköpfe werden wieder fest angezogen. Überstehende Drahtenden sollten zur Vermeidung von Verletzungen umgebogen oder abgeschnitten werden.

6.3 Einsetzen einer Glühlampe in die Leuchte

In die Lampenfassung (13) wird die grüne Glühlampe 12 V/5 W bis zum Anschlag eingeschraubt.

6.4 Kurztest der Grundfunktionen

Die Handhabungen sollen in der beschriebenen Reihenfolge durchgeführt werden.

6.4.1 Betrieb der Leuchte

Buchsenpaar "1 - 2" mit einem Kurzschlussstecker verbinden und Buchsen "12" und "16" der Leuchte (13) mittels Verbindungsleitungen an den Steckdosen-Anschlüssen "L" und "N" anschließen. Schaltknebel des FI-Schutzschalters (12) in Stellung EIN (Symbol I) kippen. Gerätestecker (1) am Leitungsnetz anschließen und Netzschalter (3) einschalten (Stellung "I"): Meldeleuchte des Netzschalters und Glühlampe der Leuchte müssen jeweils leuchten, das Messinstrument muss ca. 0,4 A anzeigen.

6.4.2 Auslösen des FI-Schutzschalters

Anschließend Prüftaste T des FI-Schutzschalters drücken: FI-Schutzschalter muss auslösen und die Glühlampe muss erlöschen. Schaltknebel des FI-Schutzschalters wieder in Stellung EIN kippen: Glühlampe leuchtet wieder auf.

6.4.3 Indikator Modell-Mensch

Netzschalter ausschalten und an Stelle der Leuchte den Modell-Menschen (16) mit den Buchsen "18" und "19" an die Steckdose anschließen. Nach EIN-schalten des Netzschalters müssen die rote Warnleuchte im Modell-Menschen und ein gleichzeitig pulsierender Summton (Hebel des Kippschalters in oberer Stellung) eine berührungsgefährliche Spannung signalisieren.

6.4.4 Abschalten durch Fehlerstrom

Durch Verbinden des Buchsenpaares "20 - 21" mit einem Kurzschlussstecker den Modell-Menschen mit Erde ⏚ verbinden: Der FI-Schutzschalter muss sofort auslösen und die Warnleuchte im Modell-Menschen erlöschen. Der Schaltknebel des FI-Schutzschalters lässt sich erst dann wieder einrasten, wenn die Erdverbindung entfernt ist.

7 ANLEITUNGEN FÜR DEN BETRIEB

7.1 Elektrische Leitfähigkeit der Hand

Buchsenpaar "3 - 4" mittels Kurzschlussstecker verbinden, EIN-schalten.

Mit den Fingern oder mit Fingern und Handballen der einen Hand die Elektrodenflächen der Leitungen "L" und "N" oder "PE" überbrücken. Die je nach Fingerzahl und Handfeuchtigkeit unterschiedlichen Ströme werden mit dem Strommesser (4) angezeigt.

Der Versuch kann alternativ mit Materialien unterschiedlicher Leitfähigkeit fortgeführt werden. Externe Versuchsaufbauten können an die Buchsen "22" und "23" angeschlossen werden.

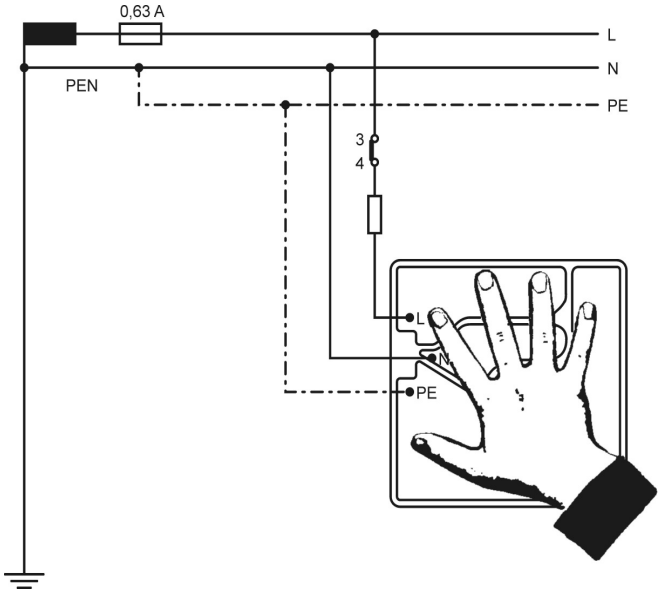

Abb. 3: Leitfähigkeit einer Hand.

7.2 Gefahr bei direktem Berühren

Als direktes Berühren wird jedes unmittelbare Berühren spannungsführender Teile bezeichnet. Gefahren entstehen beim Stromfluss durch den menschlichen Körper z.B. über den Stromweg Hand - Hand oder Hand - Fuß. Beim Überbrücken berührungsgefährlicher Spannungen ist der Mensch an Leib und Leben gefährdet.

Kurzschlussstecker in Buchsenpaar "1 - 2" stecken, FI-Schutzschalter mit Symbolplatte Abzweigdose und gesteckten Leitungen überbrücken.

7.2.1 Stromweg Hand - Hand

Modell-Mensch über Buchsen "18" und "19" mit Steckdosenanschlüssen "N" und "L" verbinden.

7.2.2 Stromweg Hand - Fuß

Eine Hand des Modell-Menschen (Buchse "18" oder "19") an Steckdosenanschluss "L" anschließen, Fuß des Modell-Menschen über Buchse "20" mit Steckdosenanschluss "N" verbinden. Alternativ Fuß des Modell-Menschen mit der Erdbuchse "21" verbinden.

www.phywe.com, © All rights reserved

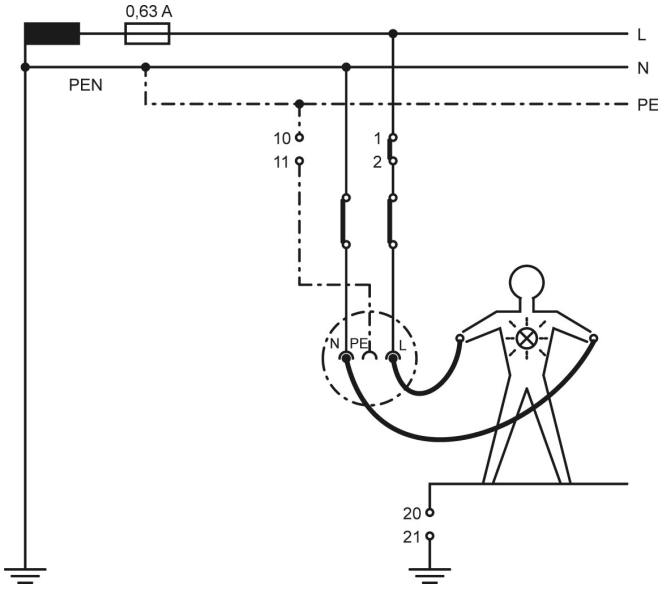

Abb. 4: Gefahr bei direktem Berühren, Stromweg Hand – Hand.

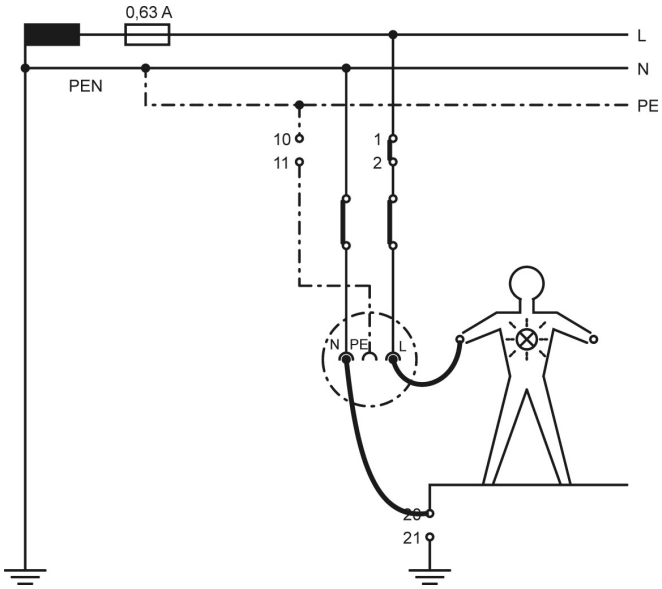

Abb. 5: Gefahr bei direktem Berühren, Stromweg Hand – Fuß.

7.3 Gefahr bei indirektem Berühren

Indirektes Berühren ist die Berührung von leitfähigen Abdeckungen (z.B. Gehäusen), die im Falle eines Isolationsfehlers (Körperschluss) Spannung führen. Die Gefahr ist besonders heimtückisch, weil sie äußerlich nicht erkennbar ist und die betreffenden Teile normalerweise bedenkenlos berührt werden können.

Kurzschlussstecker in Buchsenpaar "1 - 2" stecken, FI-Schutzschalter mit Symbolplatte Leitungen überbrücken. Grüne Glühlampe 12 V/5 W in Leuchte einschrauben. Leuchte über die Buchsen "12" und "16" mit den Steckdosenanschlüssen "L" und "N" verbinden. Körperschluss durch Verbinden des Buchsenpaares "13 - 15" herstellen.

Buchsenpaar "20 - 21" mittels Kurzschlussstecker verbinden. Eine Hand des Modell-Menschen (Buchse "18" oder "19") an das Leuchtengehäuse (Buchse "14") anschließen.

7.4 Demonstration der Begriffe Fehlerspannung und Berührungsspannung

Aufbau wie Versuch 7.3, jedoch in das Buchsenpaar "20 - 21" einen Steckwiderstand 47 Ohm einfügen.

Mit einem Spannungsmesser Spannungen am Modell-Menschen (Hand - Fuß), am Erdungswiderstand und zwischen dem Leuchtenkörper und Erde messen.

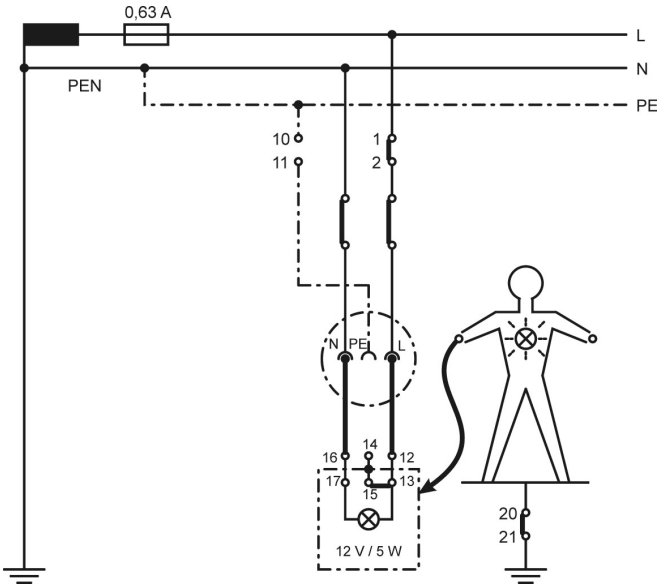

Abb. 6: Gefahr bei indirektem Berühren.

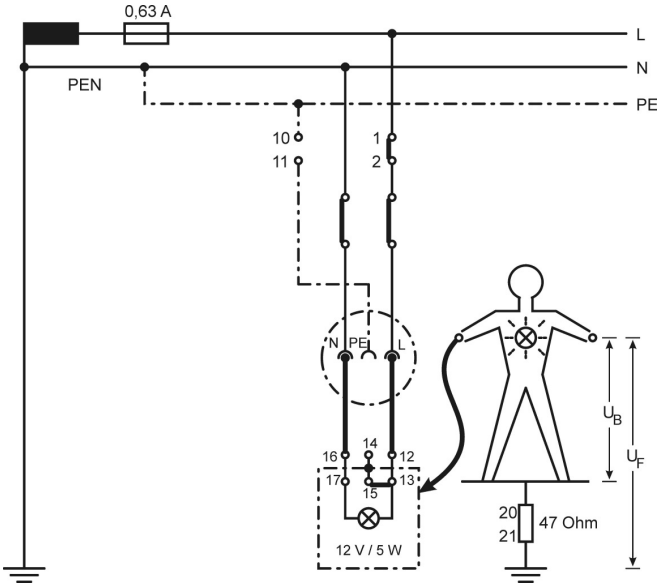

Abb. 7: Demonstration der Begriffe Fehlerspannung U_F und Berührungsspannung U_B.

7.5 Schutzisolierung

Schutzisolierung ist eine zusätzliche Isolierung zur Betriebsisolierung. Sie dient dazu, dass berührbare Teile beim Versagen der Betriebsisolierung keine Spannung annehmen können.

Aufbau wie Versuch 7.3, jedoch den leitfähigen Leuchtenkörper mit einem Schutzleiteranschluss (Buchse "14") durch die aufzusteckende Kunststoffkappe "Schutzisolation" abdecken.

Mit dem Steckerstift der Verbindungsleitung zur Hand des Modell-Menschen auf der Schutzisolation entlang fahren.

7.6 Standortisolierung

Standortisolierung ist eine Schutzisolierung, bei welcher der Mensch durch seinen Standort gegen Erde oder gegen die im Handbereich befindlichen, mit Erde in Verbindung stehenden leitfähigen Teile isoliert ist.

Aufbau wie Versuch 7.3, das Buchsenpaar "20 - 21" bleibt jedoch offen.

www.phywe.com, © All rights reserved

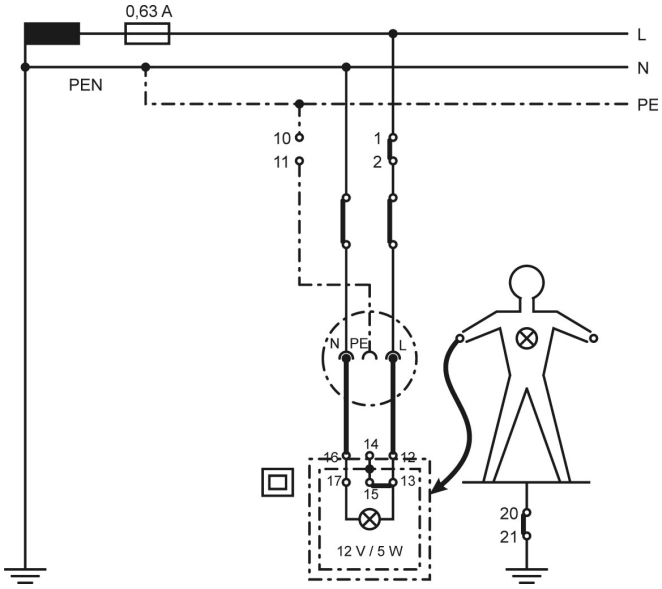

Abb. 8: Schutzisolation.

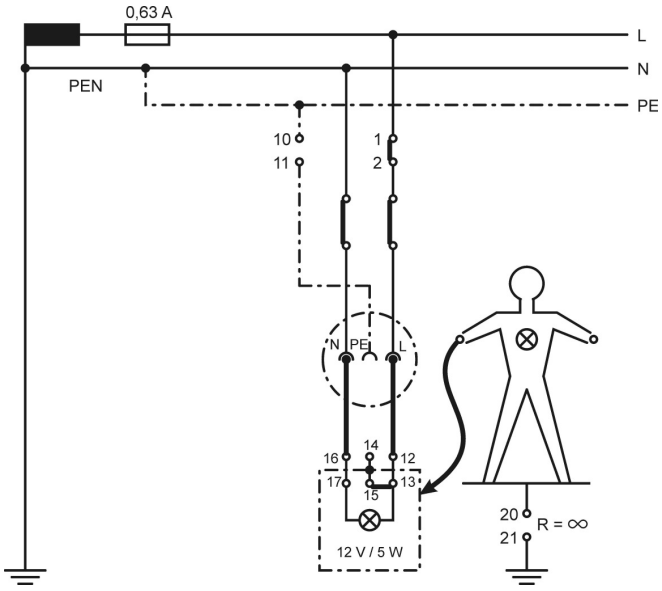

Abb. 9: Standortisolierung.

7.7 Schutzerdung

Wenn Gehäuse von elektrischen Betriebsmitteln sicher geerdet sind, besteht für ihre Berührung durch den Menschen keine Gefahr, auch nicht bei Isolationsfehlern im Betriebsmittel. Das fehlerhafte Betriebsmittel wird durch vorgeschaltete Überstromschutzeinrichtungen von der Versorgungsspannung abgeschaltet. Aufgrund seiner Schutzwirkung wird der Erdungsleiter als Schutzleiter und die Schaltung als Schutzerdung bzw. nach den neuen VDE-Bestimmungen als TT-Netz bezeichnet.

Kurzschlussstecker in das Buchsenpaar "1 - 2" stecken, FISchutzschalter mit Symbolplatte Abzweigdose und gesteckten Leitungen überbrücken. Sicherungshalter mit der Schmelzsicherung 0,63 A bestücken. Grüne Glühlampe 12 V/5 W in die Leuchte einschrauben.

Leuchte über die Buchsen "12", "14" und "16" mit den Steckdosenanschlüssen "L", "N" und "PE" verbinden.

Buchsenpaar "20 - 21" verbinden. Eine Hand des Modell-Menschen (Buchse "18" oder "19") an das Leuchtengehäuse (Buchse "15") anschließen.

Buchsen "10" und "30" verbinden. Buchsenpaar "31 - 32" zunächst offen betreiben ($R_E = \infty$) und nacheinander Steckwiderstände 47 Ohm und 4,7 Ohm sowie Kurzschlussstecker (R_E = 0 Ohm) einfügen. Bei den einzelnen Schutzleiter-Widerständen jeweils Körperschluss in der Leuchte durch Verbinden des Buchsenpaares "13 - 15" herstellen.

Versuch mit überdimensionierter Sicherung 6,3 A wiederholen.

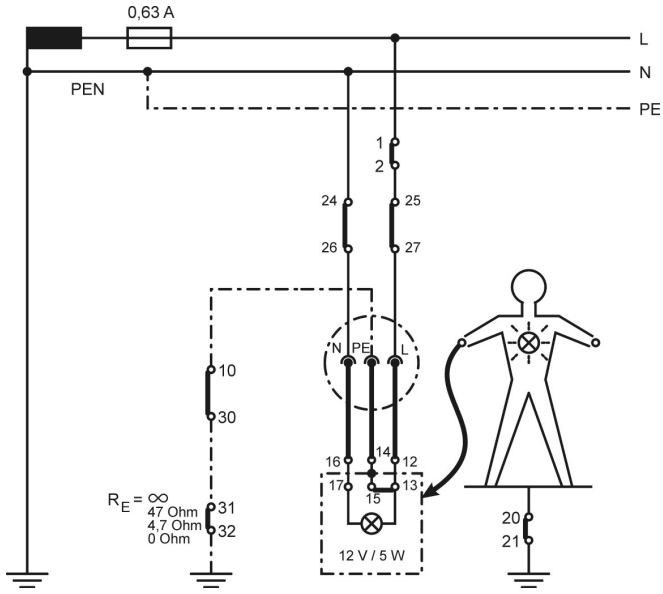

Abb. 10: Schutzerdung, TT-Netz.

7.8 Nullung

Diese Schutzmaßnahme bezeichnet die leitende Verbindung von Körpern mit dem geerdeten Leiter (Neutralleiter) eines Versorgungsnetzes. Sie soll bewirken, dass bei einem Isolationsfehler (Körperschluss) eine Abschaltung des fehlerhaften Betriebsmittels durch Überstromschutzeinrichtungen (Sicherungen) erfolgt. Der Neutralleiter führt im Fehlerfalle Betriebsstrom und Fehlerstrom. Diese Netzform wird als TN-Netz bezeichnet.

Grundschaltung wie Versuch 7.7 "Schutzerdung", jedoch Buchsenpaare "10 - 30" und "31 - 32" offen.

Buchsenpaar "28 - 29" verbinden (Nullungs-Brücke).

Körperschluss der Leuchte durch Verbinden des Buchsenpaares "13 - 15" herstellen.

Körperschluss aufheben (Buchsenpaar "13 - 15" öffnen) und durch auftrennen des Neutralleiters (Buchsenpaar "24 - 26") Berührungsgefahr am fehlerfreien (!) Betriebsmittel demonstrieren (Nulleiterbruch).

Ergänzend Berührungsgefährdung durch vertauschten Neutralleiter in Abzweigdose (Verbindung der Buchsenpaare "24 - 27" und "25 - 26") demonstrieren.

7.9 Nullung mit besonderem Schutzleiter

Um die Nachteile der "klassischen" Nullung zu vermeiden, muss in neueren Hausinstallationen der Schutzleiter bei Leitungen unter 10 mm^2 Cu getrennt mitgeführt werden.

Grundschaltung wie Versuch 7.8 "Nullung", jedoch Buchsenpaare "13 - 15" und "28 - 29" offen.

Buchsenpaar "10 - 11" zunächst offen betreiben und nacheinander Steckwiderstände 47 Ohm und 4,7 Ohm sowie Kurzschlussstecker einfügen. Bei den einzelnen Schutzleiter-Widerständen jeweils Körperschluss in der Leuchte durch Verbinden des Buchsenpaares "13 - 15" herstellen.

www.phywe.com, © All rights reserved

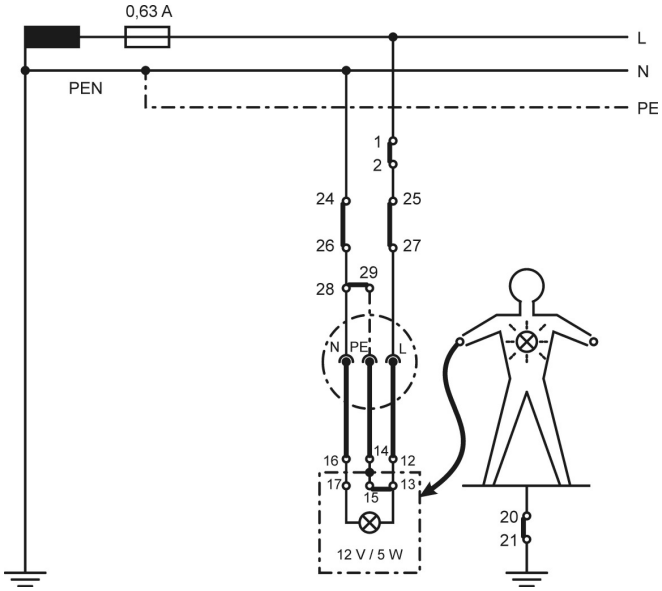

Abb. 11: Nullung, TN-Netz.

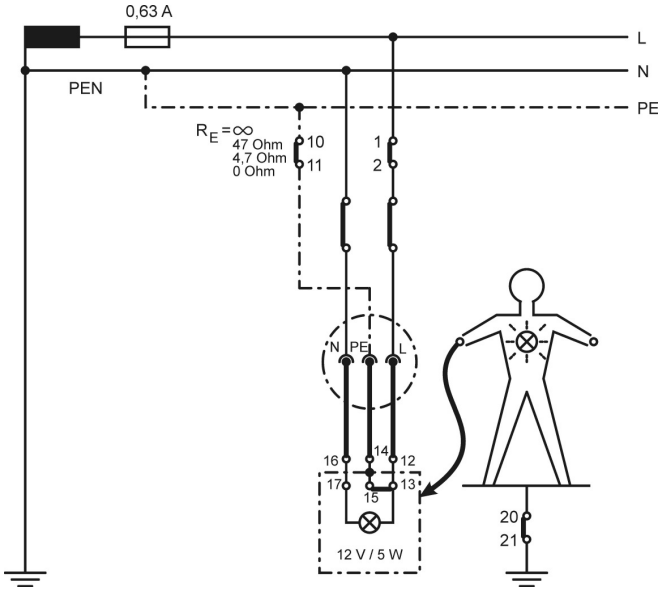

Abb. 12: Nullung mit besonderem Schutzleiter.

7.10 Fehlerstrom(FI)-Schutzschaltung

Die Fehlerstrom(FI)-Schutzschaltung ist eine Schaltung, bei welcher der Schutzschalter selbsttätig auslöst, wenn vom Außenleiter gegen Erde oder über den Körper ein Fehlerstrom fließt, der größer ist als der Nenn-Fehlerstrom des Schutzschalters.

Kurzschlussstecker in das Buchsenpaar "1 - 2" stecken, FI-Schutzschalter nicht überbrücken. In die Leuchte ist die grüne Glühlampe 12 V/5 W einzuschrauben, die Schmelzsicherung soll 0,63 A betragen.

Leuchte über die Buchsen "12" und "16" mit den Steckdosenanschlüssen "L" und "N" verbinden. Den FI-Schutzschalter EIN-schalten.

7.10.1 Abschalten bei direktem Berühren

Das Buchsenpaar "20 - 21" mittels Kurzschlussstecker verbinden. Eine Hand des Modell-Menschen (Buchse "18" oder "19") an den Außenleiter L (Buchse "13") anschließen.

7.10.2 Abschalten bei Körperschluss

Die Buchsenpaare "10 - 30" und "31 - 32" verbinden, der Schutzleiteranschluss der Leuchte (Buchse "14") ist am Steckdosenanschluss "PE" anzuschließen.

Durch Verbinden des Buchsenpaares "13 - 15" ist in der Leuchte ein Körperschluss herzustellen.

Versuch mit unterschiedlichen Erdungswiderständen wiederholen und Vergleich zu den Ergebnissen von Versuch 7.7 "Schutzerdung" und Versuch 7.8 "Nullung" herstellen.

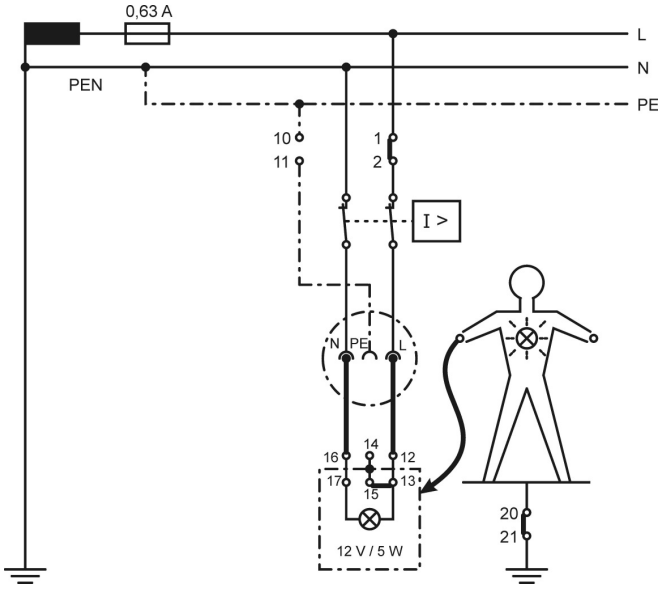

Abb. 13: Fehlerstrom(FI)-Schutzschaltung, Abschaltung bei Körperdurchströmung.

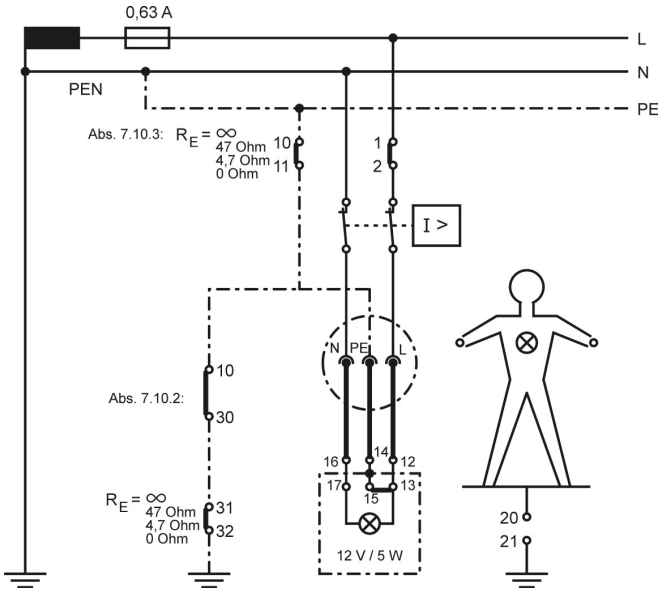

Abb. 14: Fehlerstrom (FI)-Schutzschaltung, Abschaltung bei Körperschluss.

7.10.3 Fehlerstrom (FI)-Schutzschaltung und Nullung

TN-Netze können durch nachträglichen Einbau von Fehlerstrom (FI)-Schutzschaltern hinsichtlich Ansprechempfindlichkeit wesentlich verbessert werden. Man bezeichnet diese Kombination als "schnelle Nullung".

Im Versuchsaufbau von Abschnitt 7.10.2 Buchsenpaare "10 - 30" und "31 - 32" öffnen und statt dessen Buchsenpaar "10 - 11" verbinden.

Durch Herstellen von Körperschlüssen in der Leuchte (Buchsenpaar "13 - 15") Wirkungsweise der Schaltung demonstrieren und mit den Ergebnissen von Versuch 7.10.2 vergleichen.

7.11 Schutztrennung

Schutztrennung ist die galvanische Trennung eines Verbrauchsmittels vom speisenden Netz mit Hilfe eines Trenntransformators. Dieser soll bewirken, dass bei einem Isolati-

www.phywe.com, © All rights reserved

onsfehler keine Berührungsspannung auftritt.

Kurzschlussstecker in das Buchsenpaar "3 - 5" stecken. Grüne Glühlampe 12 V/5 W in die Leuchte einschrauben. Im Sicherungshalter soll eine Schmelzsicherung 0,63 A eingebaut sein.

Leuchte über die Buchsen "12" und "16" an den Trenntransformatoranschlüssen "7" und "8" anschließen.

Buchsenpaar "20 - 21" mittels Kurzschlussstecker verbinden. Eine Hand des Modell-Menschen (Buchse "18" oder "19") an das Leuchtengehäuse (Buchse "14") anschließen.

Nacheinander durch Verbinden der Buchsenpaare "13 - 15" und "15 - 17" einen Körperschluss in der Leuchte herstellen.

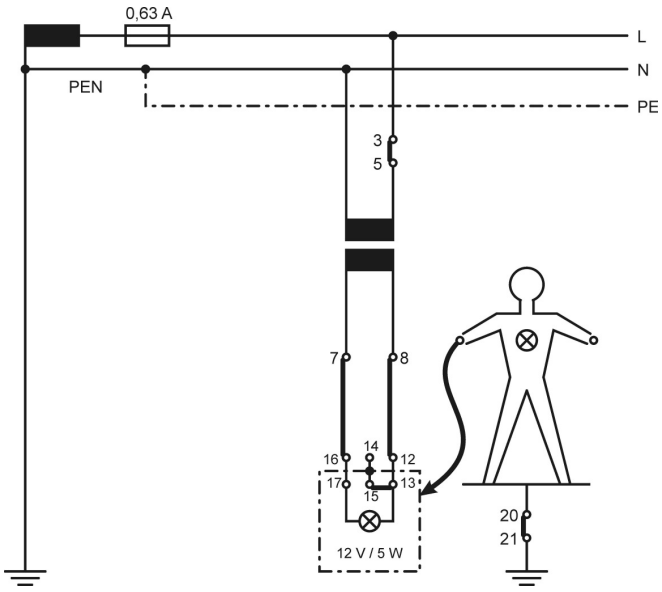

Abb. 15: Schutztrennung.

7.12 Potentialausgleich

Mit den Maßnahmen zum Schutz bei indirektem Berühren können die Gefahren gegen das Auftreten gefährlicher Berührungsspannungen nicht restlos beseitigt werden. Infolge der engen Nachbarschaft von elektrischen Betriebsmitteln und anderen leitfähigen Teilen innerhalb von baulichen Anlagen, z.B. Wasserverbrauchsleitungen, können ungewollt Spannungsverschleppungen auftreten.

Deshalb wird in den VDE-Bestimmungen mehrfach die Beseitigung von Potentialunterschieden zwischen Körpern elektrischer Betriebsmittel und fremden leitfähigen Teilen durch eine Potentialausgleichsleitung gefordert.

Kurzschlussstecker in Buchsenpaar "1 - 2" stecken, FI-Schutzschalter mit Symbolplatte Abzweigdose und gesteckten Leitungen überbrücken. Grüne Glühlampe 12 V/5 W in Leuchte einschrauben.

Leuchte über die Buchsen "12", "14" und "16" mit den Steckdosenanschlüssen "L", "N" und "PE" verbinden. Schutzerdung durch Verbinden der Buchsenpaare "10 - 30" und

"31 - 32" herstellen. Buchsenpaar "33 - 34" durch Steck-Widerstand 47 Ohm verbinden und somit einen Isolationsfehler zwischen Wasserverbrauchsleitung und aktivem Leiter simulieren.

Buchse "19" des Modell-Menschen mit dem Wasserhahn (Buchse "35") und Buchse "18" des Modell-Menschen mit dem Leuchtengehäuse (Buchse "15") verbinden.

Nach Demonstration der Berührungsgefahr Potentialausgleichsleitung durch Verbinden der Buchsen "30" und "36" herstellen.

7.13 Brandgefahren infolge Leitungsüberlastung

Leitungen und Kabel müssen mit Überstromschutzorganen gegen zu hohe Erwärmung geschützt werden, die sowohl bei betriebsmäßiger Überlastung als auch durch Kurzschluss auftreten kann.

Kurzschlussstecker in das Buchsenpaar "1 - 2" stecken, FI-Schutzschalter mit der Symbolplatte "Leitungen" überbrücken. Leuchte über die Buchsen "12" und "16" mit den Steckdosenanschlüssen "L" und "N" verbinden.

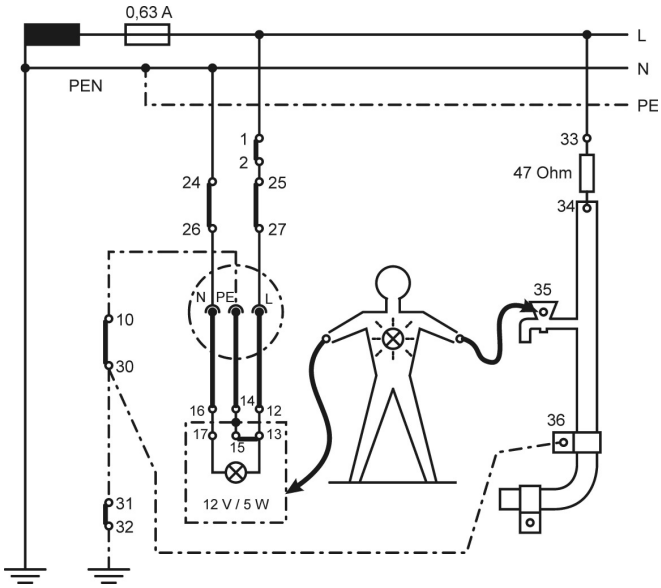

Abb. 16: Potentialausgleich.

7.10.1 Brandgefahren

Schmelzeinsatz 6,3 A in den Sicherungshalter einsetzen. Auf den dünnen Leiter (Heizdraht ø 0,25 mm) der Modellstrecke eine kleine Papierfahne von ca. 8 mm Kantenlänge hängen. Rote Glühlampe 6 V/15 W in die Leuchte einschrauben. Netzschalter EIN-schalten.

Versuch wiederholen, wobei durch Verbindung der Buchsen "13" und "17" in der Leuchte ein vollkommener Kurzschluss hergestellt wird.

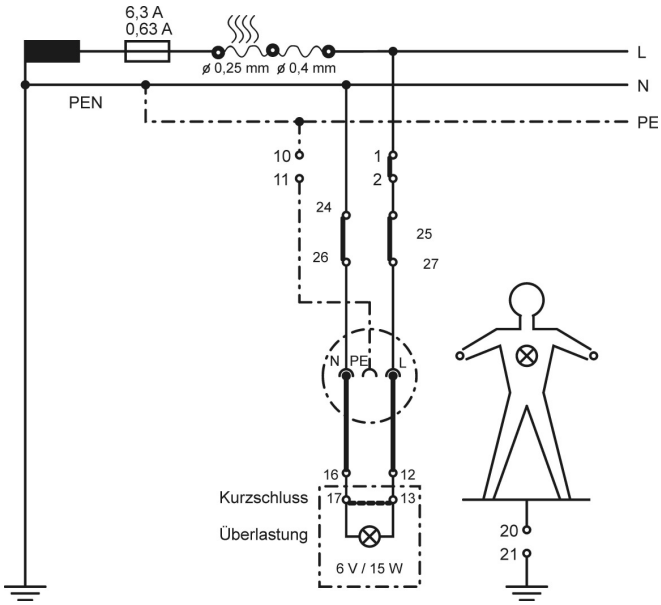

Abb. 17: Brandgefahren.

7.10.2 Überlastungsschutz

Aufbau wie Versuch 7.10.1, jedoch wird der Schmelzeinsatz 0,63 A im Sicherungshalter eingesetzt.

www.phywe.com, © All rights reserved

8 STÖRUNGSHINWEISE

Das Gerät ist so konstruiert und bemessen, dass es bei bestimmungsgemäßer Verwendung auch bei unsachgemäßer Handhabung ausfallfrei arbeitet. Eventuell auftretende Störungen können leicht selbst behoben werden, siehe Tabelle, Kap. 10.

9 INSTANDHALTUNG

Die Instandhaltung des Demonstrationsgerätes beschränkt sich auf den üblichen Pflegedienst elektrisch betriebener Geräte in angemessenen Abständen, insbesondere auf Kontrolle der Unversehrtheit von Netzanschlussleitung einschließlich Stecker, Netzschalter und Gehäuse des Gerätes.

Alle Demonstrationsgeräte werden vor der Auslieferung einer eingehenden Stückprüfung unterzogen und sind zur Bestätigung ordnungsgemäßer Funktion und einwandfreien Zustandes plombiert.

Sollten Sie an dem Gerät Fehler feststellen, die sich nach der Tabelle (Kap. 10) nicht beseitigen lassen und die offensichtlich Eingriffe in das Gerät erfordern, dann wenden Sie sich bitte an unseren leistungsfähigen Reparaturdienst, der Instandsetzungen jederzeit schnell und fachkundig ausführt.

10 FEHLERBEHEBUNG

Fehler/Behebung

Keine Funktion

EIN-schalten, Meldeleuchte zeigt Netzspannung an

Keine Anzeige des Elektrodenstromes

a) Buchsenpaar "3 - 4" verbinden
b) Schmelzeinsatz ggf. auswechseln

Falsche Anzeige des Elektrodenstromes

Buchsenverbindung „1 - 2“ und 3 - 5" öffnen

Keine Spannung am Trenntrafoausgang

Buchsenpaar "3 - 5" verbinden

Keine Spannung an der Steckdose

a) Schmelzeinsatz ggf. auswechseln
b) Buchsenpaar "1 - 2" verbinden
c) Modellstrecke Leitungsquerschnitte auf Durchgang prüfen
d) FI-Schutzschalter" einschalten oder überbrücken

Glühlampe der Leuchte leuchtet nicht

a) Vorhandensein der Betriebsspannung (ca. 12 V) prüfen
b) Glühlampe ggf. auswechseln

FI-Schutzschalter löst nicht aus

a) Fehlerstromwege prüfen
b) Symbolplatte "Abzweigdose" entfernen

FI-Schutzschalter löst ständig aus

a) Körperschlüsse in der Leuchte heben
b) Fehlerstromweg über den Modell-Menschen trennen
c) FI-Schutzschalter überbrücken

11 TECHNISCHE DATEN

Nennspannung	8 V~
Nennstrom	2 A
Leerlaufspannung	ca. 13 V~
Kurzschlussstrom	ca. 3,5 A
Überlastbarkeit	dauerkurzschlussfest
Elektroden-Nennstrom	0,25 mA [1)]
Fehler-Nennstrom	30 mA
Trenntrafo	Übersetzung 1:1, Nennleistung 7,5 VA
Schutzklasse	II
Prüfspannung	4000 Volt
Isolationswiderstand	> 10^7 Ohm
Gebrauchslage	selbständig stehend
Betriebsspannung	230 V~ ±10%
Leistungsaufnahme	ca. 12 VA
Maße in mm	1300 x 940 x 130
Standfläche in mm	700 x 640
Gewicht	ca. 35 kg

[1)] Bei einem Hautwiderstand von 40 kΩ

12 LIEFERUMFANG

Zum Lieferumfang des Lerngerätes gehören folgende Teile:

Verbindungsleitung 100 mm, blau	07359.04
Verbindungsleitung 100 mm, schwarz	07359.05
Verbindungsleitung 100 mm, grüngelb	07359.15
Verbindungsleitung 500 mm, rot	(2x) 07361.01
Verbindungsleitung 500 mm, blau	07361.04
Verbindungsleitung 500 mm, schwarz	07361.05
Verbindungsleitung 500 mm, grüngelb	(2x) 07361.15
Kurzschlussstecker, weiß	(4x) 39170.00
Drahtwiderstand 4,7 Ohm	06055.50
Schichtwiderstand 47 Ohm	39104.62
G-Schmelzeinsatz M 0,63 A, 10 Stück	(2x) 07501.60
G-Schmelzeinsatz T 6,3 A, 1 Stück	07500.06
Glühlampe 6 V/15 W, E14, rot	
Glühlampe 12 V/5 W, E14, grün	
Heizleiterdraht 0,25 mm, Rolle 2 m	
Konstantandraht 0,4 mm, Rolle 2 m	
Schutzisolation für Leuchte	
Symbolplatte Abzweigdose	

13 GARANTIEHINWEIS

Für das von uns gelieferte Gerät übernehmen wir innerhalb der EU eine Garantie von 24 Monaten, außerhalb der EU von 12 Monaten. Von der Garantie ausgenommen sind: Schäden, die auf Nichtbeachtung der Bedienungsanleitung, unsachgemäße Behandlung oder natürlichen Verschleiß zurückzuführen sind.

Der Hersteller kann nur dann als verantwortlich für Funktion und sicherheitstechnische Eigenschaften des Gerätes betrachtet werden, wenn Instandhaltung, Instandsetzung und Änderungen daran von ihm selbst oder durch von ihm ausdrücklich ermächtigte Stellen ausgeführt werden.

www.phywe.com, © All rights reserved

14 ENTSORGUNG

Die Verpackung besteht überwiegend aus umwelt-verträglichen Materialien, die den örtlichen Recyclingstellen zugeführt werden sollten.

Dieses Produkt gehört nicht in die normale Müllentsorgung (Hausmüll).

Soll dieses Gerät entsorgt werden, so senden Sie es bitte zur fachgerechten Entsorgung an die unten stehende Adresse.

PHYWE Systeme GmbH & Co. KG
Abteilung Kundendienst
Robert-Bosch-Breite 10
D-37079 Göttingen

Telefon +49 (0) 551 604-274
Fax +49 (0) 551 604-246

www.phywe.com, © All rights reserved